

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003 年 10 月 9 日 (09.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/083843 A1

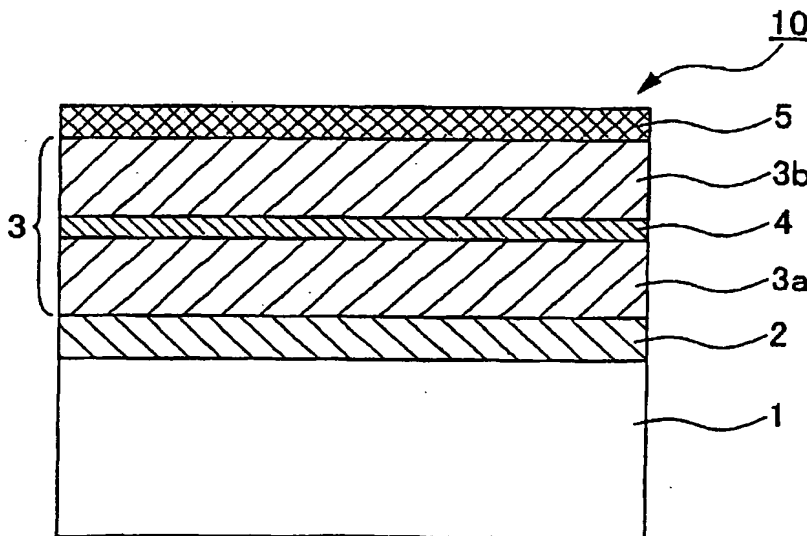
14

- (51) 国際特許分類: G11B 5/851, 5/66, 5/738
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/03440
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 20 日 (20.03.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-096582 2002 年 3 月 29 日 (29.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アネルバ株式会社 (ANELVA CORPORATION) [JP/JP]; 〒183-8508 東京都府中市四谷5-8-1 Tokyo (JP). 富士電機株式会社 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒210-9530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP). 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒105-8518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高橋 研 (TAKAHASHI, Migaku) [JP/JP]; 〒982-0222 宮城県仙台市太白区人來田2丁目20-2 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ジャヤプラウィラ ダビッド (DJAYAPRAWIRA, David) [ID/JP]; 〒980-0806 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内 Miyagi (JP). 土門 宏紀 (DOMON, Hiroki) [JP/JP]; 〒980-0806 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内 Miyagi (JP). 吉村 哲 (YOSHIMURA, Satoru) [JP/JP]; 〒980-0806 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 山口 巖, 外 (YAMAGUCHI, Iwao et al.); 〒141-0022 東京都品川区東五反田2丁目3番2号 山口国際特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): KR, SG, US.

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC RECORDING MEDIUM, ITS PRODUCTION METHOD, AND MAGNETIC RECORDER

(54) 発明の名称: 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置



(57) Abstract: A method for producing a magnetic recording medium having a flat surface and a strong shift magnetic field, and excellent in thermal stability. The method for producing a magnetic recording medium (10) comprising a nonmagnetic base (1), a metal underlying layer (2) formed on the nonmagnetic base (1), and a ferromagnetic metal layer (3) formed on the metal underlying layer (2). The method is characterized by comprising a step of forming the ferromagnetic layer (3) where ferromagnetic films (3a, 3b) and one or more nonmagnetic metal spacer layer (4) are alternately formed in a multilayer and a step of allowing at least the interface of the nonmagnetic metal spacer layers (4) to physically adsorb oxygen and/or nitrogen.

(57) 要約: 表面が平坦であって、高いシフト磁界を有するとともに、熱的な安定性に優れる磁気記録媒体を製造する方法を提供する。本発明に係る磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基体1と、金属下地層2と、強磁性金属層3とを順に積層して含む磁気記録媒体10の製造方法であって、前記強磁性金属層3を成膜する工程が、複数の強磁性膜3a、3bと、一以上の非磁性金属スペーサ層4とを交互に積層する工程とされ、前記非磁性金属スペーサ層4の少なくとも界面に、酸素及び/又は窒素を物理的に吸着させる工程を含むことを特徴としている。

## 明細書

## 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置

## 技術分野

本発明は、磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録装置に係り、より詳細には、高いシフト磁界を有する積層フェリ磁気記録媒体およびその製造方法と、この磁気記録媒体を備えた磁気記録装置に関するもので、本発明に係る磁気記録媒体は、ハードディスク、磁気テープなどに好適に用いられる。

## 背景技術

近年、磁気記録媒体は、高密度で大容量な記録媒体としてハードディスク装置等で多用されているが、更なる高密度化を図るためにその記録再生特性の向上と磁化経時変化の低減の両立が求められている。

第11図と第12図は、磁気記録媒体の一例であるハードディスクを示す概略図である。

第11図は、円盤型の磁気記録媒体の斜視図であり、第12図は第11図に示すA-A線に沿う模式断面図である。

第11図に示す磁気記録媒体90は、第12図に示すように円盤型の非磁性体からなる基体91と、この基体91上に形成された金属下地層93と強磁性金属層95と保護層96とを備えて構成されている。

この例の磁気記録媒体90では、非磁性体からなる基体91として例えばAl合金またはガラスからなる基板92の表面上にNi-Pからなる非磁性層93を設けてなるものが用いられている。そして、この基体91の上には、例えばCrからなる金属下地層94、CoCrTaあるいはCoCrTaPtなどからなる磁性膜の強磁性金属層95、カーボンなどからなる保護

## 2

層 9 6 が順次積層されている。典型的な各層の厚さは、非磁性 (Ni-P) 層 9 3 が  $5\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ 、金属 (Cr) 下地層 9 4 が  $50\ \text{nm} \sim 150\ \text{nm}$ 、強磁性金属層 9 5 が  $30\ \text{nm} \sim 100\ \text{nm}$ 、保護層 9 6 が  $20\ \text{nm} \sim 50\ \text{nm}$  である。尚、保護層 9 6 上には、図示されないが、パーフルオロポリエーテルなどのフッ素系の潤滑剤などが被覆されることもある。

上記構成の磁気記録媒体において記録再生特性を向上させるためには、強磁性金属層 9 5 として機能する磁性膜を構成する磁性結晶粒子の粒間相互作用の低減、並びに磁性膜の膜厚の低減が必要不可欠であることが、本発明者らにより報告されている。(M. Takahashi, A. Kikuchi and S. Kawakita : IEEE Trans. On Magn., 33, 2938(1997))

特に、媒体の低ノイズ化を図るためには、強磁性金属層 9 5 をなす膜厚を低減することにより、磁性膜を構成する磁性結晶粒子を微細化させることが有効な手法の一つとして同文献に紹介されている。

強磁性金属層 9 5 をなす磁性膜の薄膜化による、微細組織形成や、磁性粒子の体積低減には限界がある。なぜならば、強磁性金属層 9 5 をなす磁性膜の膜厚の低減に伴い、磁性膜を構成する結晶粒子は微細化し、磁性膜に記録された磁化(残留磁化)等の磁気特性が経時的に大きく変化してしまうという問題、すなわち熱擾乱の影響を受けやすくなるという問題が生じるためである。

そこで、磁気記録媒体の熱擾乱を抑制するために、二層以上の強磁性金属層間に厚さが  $0.7\ \text{nm}$  程度の非磁性金属中間層 (Ru) を挿入することによって、残留磁化において最隣接強磁性層の磁化が反平行状態になる、いわゆる積層フェリ磁気記録媒体が考案された。(E. N. Abarrera, A. Inomata, H. Sato, I. Okamoto, and Y. Mizoshita: Appl. Phys. Lett., 77, 2581(2000))

## 3

このような積層フェリ媒体においては、強磁性層間に非磁性スペーサ層を挿入することで発生するシフト磁界により、磁気記録媒体の経時変化を抑制できることが有効な手法の一つとして同文献に紹介されている。

しかしながら、高記録密度化に伴い磁気記録媒体に記録される磁化パターンはさらに小型化すると考えられており、これに対応するため、シフト磁界の向上が求められている。

本発明は、表面が平坦であって、高いシフト磁界を有するとともに、熱的な安定性に優れる磁気記録媒体を製造する方法を提供することを目的の一つとする。

本発明は、上述の特性を有する磁気記録媒体を提供することを目的の一つとする。

本発明は、上述の優れた特性を有する磁気記録媒体を備える磁気記録装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

上記課題を解決するために、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層してなる磁気記録媒体の製造方法であって、前記強磁性金属層を成膜する工程が、複数の強磁性膜と、一以上の非磁性金属スペーサ層とを交互に積層する工程とされ、前記非磁性金属スペーサ層の少なくとも界面に、酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させる工程を含むことを特徴としている。

上記製造方法によれば、強磁性金属層が、非磁性金属スペーサ層により複数の強磁性膜に分割された積層フェリ磁気記録媒体におけるシフト磁界を高めることができ、優れた熱的安定性を有する磁気記録媒体を容易に製造することができる。

また、上記本発明に係る磁気記録媒体の製造方法においては、前記酸素及び／又は窒素が、非磁性金属スペーサの膜中に含まれるように前記非磁性金属スペーサ層を成膜することもできる。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法は、前記非磁性金属スペーサ層の成膜に用いるガスが、Ar又はそれ以外の希ガスに、酸素または窒素を混合してなる混合ガスであることを特徴とする。

上記製造方法によれば、容易に非磁性金属スペーサ層と強磁性膜との界面に酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させることができ、かつそれらの吸着量を精度良く制御することができるので、熱的な安定性に優れる磁気記録媒体を、安定に製造することが可能である。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法は、前記混合ガスに含まれる酸素または窒素の分圧を、 $10^{-7}$ Torr以上 $10^{-3}$ Torr以下の範囲とすることを特徴とする。

混合ガス中の酸素又は窒素の分圧を上記範囲とすることで、熱的安定性に優れるとともに、優れた磁気特性を有する磁気記録媒体を製造することができる。前記分圧が $10^{-7}$ Torr( $=133 \times 10^{-7}$ Pa)未満の場合には、 $H_{xx}$ が小さくなる傾向にあり、 $10^{-3}$ Torr( $=133 \times 10^{-3}$ Pa)を越える場合には、保磁力 $H_c$ が低減する傾向にあるため、高 $H_{xx}$ と、高 $H_c$ を両立し得る範囲として上述の分圧範囲とした。

また、上記製造方法においては、前記混合ガスに含まれる酸素又は窒素の分圧を、 $3 \times 10^{-6}$ Torr以上 $3 \times 10^{-5}$ Torr以下とすることがより好ましい。係る範囲に酸素分圧を設定することで、15000e以上の高いシフト磁界 $H_{xx}$ を得ることができ、優れた熱的安定性を得ることができる。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法は、前記非磁性金属スペーサ層の少なくとも界面に、酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させる工程が、

## 5

酸素及び／又は窒素を含む雰囲気、前記非磁性金属スペーサ層の表面を曝露する工程であることを特徴とする。

上記製造方法によっても、上記非磁性金属スペーサ層と強磁性膜との界面に、容易に酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させることができる。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法においては、前記非磁性金属スペーサ層表面の酸素暴露量を、10ラングミュア以上とすることが好ましい。

上記非磁性金属スペーサ層表面の酸素暴露量を上記範囲とすることで、熱的安定性に優れる磁気記録媒体を製造することができる。この酸素暴露量が10ラングミュア未満の場合には、熱的安定性を向上させる効果を十分に得られない。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法においては、前記非磁性金属スペーサ層として、Ru、Ir、Cu、Osから選ばれる1種以上の元素を含む金属膜を成膜することが好ましい。

上記元素を含む合金により非磁性金属スペーサ層を構成することで、強磁性膜のシフト磁界を増大させることができ、もって媒体の熱的安定性を大きく向上させることができる。

次に、本発明に係る磁気記録媒体の製造方法においては、前記非磁性金属スペーサ層の膜厚を、0.5nm以上1.0nm以下とすることが好ましい。

次に、本発明は、上記課題を解決するために、非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層してなる磁気記録媒体であって、前記強磁性金属層が、複数の強磁性膜と、該強磁性膜の間に形成された非磁性金属スペーサ層とを含み、前記強磁性金属層のシフト磁界 $H_{sx}$ が、10000e以上とされたことを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

上記構成によれば、非磁性金属スペーサ層により分離された強磁性膜間に作用する高いシフト磁界 $H_{sh}$ により熱的安定性に優れた磁気記録媒体を実現することができる。

さらに、本発明に係る磁気記録媒体は、前記シフト磁界 $H_{sh}$ を1500 Oe以上とすることもでき、より熱的安定性に優れた磁気記録媒体を提供することができる。

次に、本発明に係る磁気記録媒体は、非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層して含む磁気記録媒体であって、前記強磁性金属層が、複数の強磁性膜と、該強磁性膜の間に形成された非磁性金属スペーサ層とを含み、前記非磁性金属スペーサ層が、Ru, Ir, Cu, Osから選ばれる1種以上の元素を含む金属膜からなり、少なくとも前記非磁性スペーサ層と前記強磁性膜との界面に、酸素及び／又は窒素が物理的に吸着されていることを特徴としている。

次に、本発明に係る磁気記録媒体においては、前記非磁性金属スペーサ層の膜厚が、0.5 nm以上1.0 nm以下とされることが好ましい。

本発明に係る磁気記録装置は、先に記載の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体を駆動するための駆動部と、磁気情報の記録再生を行うための磁気ヘッドとを備え、移動する前記磁気記録媒体に対して前記磁気ヘッドにより磁気情報の記録再生を行うことを特徴とする。

上記構成の磁気記録装置によれば、高速回転するスピンドルや制御チップ等の発熱により加熱された状態で長時間使用しても磁気特性に劣化を生じることのない、優れた信頼性を有する磁気記録装置を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施の形態である磁気記録媒体の断面構成図である。

第2図は、本発明に係る磁気記録媒体の他の構成例を示す断面構成図である。

第3図は、本発明に係る磁気記録媒体の磁化曲線の一例を示す図である。

第4図は、シフト磁界 $H_{sx}$ の導出方法を説明するための説明図である。

第5図は、本実施形態の磁気記録媒体の強磁性金属層を拡大して示す説明図である。

第6図は、第5図に示す平均結晶粒径 $L$ と界面粗さ $h$ が強磁性的相互作用 $J_f$ に与える影響を示すグラフである。

第7図は、本発明の実施例における揺らぎ場 $H_f$ の測定結果を示すグラフである。

第8図は、本発明の実施例における $K_u V / k_B T$ の測定結果を示すグラフである。

第9図は、本発明に係る磁気記録装置の断面構成図である。

第10図は、第9図に示す磁気記録装置の一部断面を含む平面構成図である。

第11図は、磁気記録媒体の一例を示す斜視図である。

第12図は、第11図に示す磁気記録媒体の断面構造を示す図である。

(符号の説明)

10、20 磁気記録媒体

1 非磁性基体

2 金属下地層

3 強磁性金属層

3a 第1の強磁性膜

3b 第2の強磁性膜

3c 第3の強磁性膜



4、4 a、4 b 非磁性金属スペーサ層

5 保護膜

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

第1図及び第2図は本発明に係る磁気記録媒体をコンピュータのハードディスクに適用した一実施形態の断面構造を模式的に示すもので、第1図に示す磁気記録媒体10は、円盤状の非磁性体からなる基体1上に、金属下地層2を介して、強磁性金属層3と、保護層5とを積層してなる構造とされている。そして、前記強磁性金属層3は、金属下地層2側から、第1の強磁性膜3 a、非磁性金属スペーサ層4、第2の強磁性膜3 bを順に積層した構造とされている。この種の構造を有する磁気記録媒体は、一般に、積層フェリ磁気記録媒体と呼ばれている。

また、第1図に示す本実施形態の磁気記録媒体10の積層構造は、本発明に係る磁気記録媒体の最も基本的な構造であるので、基体1と第1の強磁性膜3 aとの間に他の中間層を必要に応じて設けた構成としても良く、第2図に示す磁気記録媒体20のように、第1図に示す磁気記録媒体10と同様の基本構造を有し、強磁性金属層3が、第1の強磁性膜3 aと、非磁性金属スペーサ層4 aと、第2強磁性膜3 bと、非磁性金属スペーサ層4 bと、第3強磁性膜3 cとを順に積層した構成としても良い。すなわち、強磁性金属層3の構造は、複数の強磁性膜と、複数の非磁性金属スペーサ層とが交互に積層された構造とされていれば、その積層数に構成上の制限はない。

また、保護層5の上にフッ素系の潤滑剤からなる潤滑層を設けても良いのは勿論である。

以下、第1図を参照して本発明に係る磁気記録媒体の基本構成を備えた磁気記録媒体10をさらに詳細に説明する。

(基体)

本発明に係る基体1としては、例えば、アルミニウムとその合金あるいは酸化物、チタンとその合金或いは酸化物、またはシリコン、ガラス、カーボン、セラミック、プラスチック、樹脂およびそれらの複合体化からなる基板の表面に、異種材質の非磁性層をスパッタ法、蒸着法、メッキ法等の成膜法により、表面コーティング処理を行ったものを例示することができる。この場合に基体1の表面部に設けられた非磁性層は、高温で磁化せず、導電性を有し、機械加工などが施しやすい反面、適度な表面硬度を有していることが好ましい。このような条件を満たす非磁性材料の膜としては、特にメッキ法により作製されたNi-P膜が好ましい。

基体1の形状としては、ディスク用途の場合、ドーナツ円盤状のものが使われる。後述する強磁性金属層等を設けた基体、すなわち磁気記録媒体は、磁気記録および再生時、円盤の中心を軸として、例えば3600rpm~15000rpmの速度で回転させて使用される。このとき、磁気記録媒体の表面又は裏面の上空を磁気ヘッドが0.1μm程度の高さ、あるいは数10nmの高さを持って浮上走行する。また、さらに低浮上量の10nm以下の高さで浮上走行する磁気ヘッドの開発もなされている。

従って、基体1としては表面又は裏面の平坦性、表裏両面の平行性、基体円周方向のうねり、および表裏面の粗さが適切に制御されたものが望ましい。

また、基体が回転/停止する場合には、磁気記録媒体と磁気ヘッドの表面同士が接触、摺動するようになっている(Contact Start Stop:CSS)。この対策として、基体の表面には、略同心円状の軽微なキズ(テクスチャ)をダ

イヤモンドやアルミナなどの砥粒を含むスラリーやテープによる研磨により形成して磁気ヘッド接触時の吸着を防止する場合もある。

上記テクスチャについては、第 12 図に示す従来構造の如く  $Ni-P$  の非磁性層 93 の上面にて研磨テープを摺動させてキズをつけることで V 字溝型に形成することが一般的になされているので、本実施形態の構造においても  $Ni-P$  等からなる非磁性層 1b の表面にテクスチャを形成しても良い。また、上記ヘッド摺動特性改善を目的としたテクスチャに代わるものとして、レーザ加工によるテクスチャや、スパッタリングによる離散的な凹凸膜テクスチャ、保護膜のエッチングによる凹凸型のテクスチャなどを形成した構造も知られているのでこれらの構造を採用し、非磁性層 1b の上面に所望の形状の凹凸等を形成しても良いことはもちろんである。さらにまた、最近では磁気ヘッドを磁気記録媒体にロード／アンロードする方式で磁気記録媒体の停止中に磁気ヘッドを磁気記録媒体の外側に待機させるものも登場している。このような方式を採用するならば、場合によってはテクスチャを省略する構成も可能である。

また、上記テクスチャは、強磁性金属層の面内方向に磁気情報を記録する方式では特に重要な役割を担っており、基体 1 表面に略同心円状のテクスチャを形成することにより、基体 1 上に形成される金属下地層 2 の配向面を変化させ、結果として金属下地層 2 上に形成される強磁性金属層 3 の結晶粒を基体円周方向に配向させることができる。

このテクスチャ処理による磁性結晶粒の配向制御は、記録再生時の磁気記録媒体の磁気特性や記録再生特性に大きく影響するので、磁性結晶粒の配向制御を目的とするテクスチャは、形成する溝の密度や、溝の深さの均一性を適切に制御することが好ましい。

(金属下地層)

本実施形態の磁気記録媒体 10 の金属下地層 2 は、スパッタ法や蒸着法などにより順次積層形成した多層構造をなすものである。この金属下地層 2 の格子定数を制御することにより、金属下地層 2 上に形成される強磁性金属層 3 の保磁力を向上させることができる。また、上記金属下地層 2 は、2 層または 3 層以上の下地膜を積層した構成としてもよい。

上記金属下地層 2 には Cr および Cr 合金を用いることが好ましい。合金とする場合には、例えば、Mo、W、Ti、V、Nb、Ta 等との組み合わせが用いられ、特に、CrMo 合金、CrW 合金を用いることが好ましい。

金属下地層 2 として Cr あるいは Cr 合金を用いることにより、金属下地層 2 上に形成される強磁性金属層 3 に対して偏析作用を起こさせることができる。この偏析作用により強磁性金属層 3 の結晶粒界に生じる高 Cr 濃度相によって強磁性金属層 3 の結晶粒間の磁氣的な相互作用を抑えることができるので、媒体の規格化保磁力を高めることができる。また、金属下地層 2 上の強磁性金属層 3 の磁化容易軸（c 軸）が基体面内方向を取るようにすることができる、すなわち、基体面内方向の保磁力を高める方向に強磁性金属層 3 の結晶成長を促すものである。

また、基体 1 としてガラス基板を用いる場合には、Ni-Al あるいは Ni-Nb などのシード層を金属下地層 2 と基体 1 との間に設けることが好ましい。このような構成とするならば、金属下地層 2 や強磁性金属層 3 の結晶粒が微細化されるので、磁気記録媒体の保磁力を高めることができるとともに、記録再生時のノイズ特性を向上させることができる。

Cr や Cr 合金からなる金属下地層 2 をスパッタ法で成膜する場合、その結晶性を制御する因子としては、基体の表面形状（テクスチャの有無など）、表面状態、表面温度、成膜時の圧力、基体に印加するバイアス、および形成する膜厚等が挙げられる。

後述する強磁性金属層 3 の保磁力は金属下地層である Cr 膜や Cr 合金膜の膜厚にほぼ比例して高くなる傾向にあるが、膜厚の増加に伴って成膜面の表面粗さも増大する傾向になる。しかしながら、磁気記録媒体の記録密度を向上させるためには、磁気ヘッドの磁気記録媒体表面からの浮上量をできる限り小さくすることが求められる。従って、金属下地層 2 の膜厚が薄くても高い保磁力が得られるような材料を用いて金属下地層 2 は構成されることが望ましい。

(強磁性金属層)

本発明で用いられる強磁性金属層 3 を構成する強磁性膜 3 a と 3 b は h c p 構造を有する強磁性金属材料からなる層である。これらの強磁性膜 3 a と強磁性膜 3 b の膜厚は次の関係式になるように調整する。

$$B_{rt} = B_{rt_b} - B_{rt_a}$$

ここで、 $B_{rt}$  は媒体トータル（所望）の残留磁束密度、 $B_{rt_b}$  は強磁性金属層 3 b の残留磁束密度、 $B_{rt_a}$  は強磁性金属層 3 a の残留磁束密度であり、上記  $B_{rt}$  は、通常、上記磁気記録媒体と組み合わせて用いる磁気ヘッドの記録再生能力に応じて決定される。

強磁性金属層 3 a と 3 b を構成する材料としては、Co を主成分とする Co 基強磁性合金を用いることが好ましい。その具体的な材料としては、例えば CoNiCr, CoCrTa, CoPt, CoCrPt, CoNiPt, CoNiCrTa, CoCrPtTa 等を挙げることができる。また、これらの合金に B, N, O, Nb, Zr, Cu, Ge, Si 等から選ばれる 1 種又は 2 種以上の元素を添加した合金を用いることもできる。尚、強磁性金属層 3 a の上または強磁性金属層 3 b の下に 1 nm 程度の膜厚で Co を積層しても良い。

(非磁性金属スペーサ層)

第3図は、本発明に係る磁気記録媒体の磁化曲線の一例であり、第4図は、本発明に係る磁気記録媒体10におけるシフト磁界 $H_{sx}$ の導出方法を説明するための説明図である。積層フェリ媒体においては、第1図に示す強磁性膜3aと強磁性膜3bの間に非磁性金属スペーサ層4を挟むことにより両者の間にRKKY交換相互作用 $J_{sx}$ が生じ、この $J_{sx}$ の存在により、強磁性膜3aに内部磁界が生じる。この内部磁界の向きは強磁性膜3bの磁化の向きと逆方向である。そのため、強磁性膜3aの保磁力が内部磁界よりも小さく、かつ、外部磁界が存在しない場合、強磁性膜3aと3bの磁化が反平行状態となる。従って、外部磁界が十分に大きい状態（第3図のグラフの両端側）においては、強磁性膜3a、3bの磁化の向きはいずれも外部磁界の向きと同一方向となるが、外部磁界が0の状態では、強磁性膜3aの磁化の向きと、強磁性膜3bの磁化の向きが逆向きになる。

ここで、上記強磁性膜3aに掛かる内部磁界をシフト磁界 $H_{sx}$ と呼ぶことにする。このシフト磁界 $H_{sx}$ は、第4図に示すように、ある方向に媒体を飽和させた後その磁界を取り除き、そして逆方向の磁界を印加した際に、強磁性膜3aの磁化曲線が原点からシフトする量として導出することができる。本発明に係る磁気記録媒体においては、強磁性膜3aにかかる内部磁界であるシフト磁界 $H_{sx}$ は、1000(Oe)以上とすることが好ましく、このような範囲とすることで、保磁力2000～4000Oeの媒体における熱的安定性を向上させることができ、信頼性に優れた磁気記録媒体とすることができる。より詳細には、上記保磁力の媒体において $K_u V / k_B T$ を80～90以上とすることができる。また、シフト磁界 $H_{sx}$ を15000Oe以上とするならば、 $K_u V / k_B T$ を100以上とすることができる。このシフト磁界 $H_{sx}$ の上限は、特に限定されないが、上述の保磁力の磁気記録媒体においては、25000Oeを越えるシフト磁界を得るのは困難である。

非磁性金属スペーサ層 4 を構成する材料としては、Ru、Ir、Cu、Os から選ばれる 1 種以上の元素を含む合金であることが好ましい。これらの材料を非磁性金属スペーサ層 4 として用いることで、シフト磁界  $H_{sh}$  を向上させることができる。

また、本発明に係る非磁性金属スペーサ層 4 は、少なくともその界面に酸素及び／又は窒素が物理的に吸着されている。これらのガスを吸着させることで、本発明に係る磁気記録媒体 10 は、第 4 図に示すように、より高いシフト磁界  $H_{sh}$  を実現することができ、より熱的安定性に優れる磁気記録媒体とされている。

非磁性金属スペーサ層 4 は膜厚が 0.5 nm 以上 1.0 nm 以下の範囲であることが好ましい。この範囲において、シフト磁界  $H_{sh}$  が最大を示すためである。

以下に、上記の構成の磁気記録媒体 10 をスパッタ法により製造する場合について説明する。

(スパッタ法)

本発明に係る磁気記録媒体 10 を製造する方法の一例であるスパッタ法として、例えば、基体 1 がターゲットの前を移動しながら薄膜が形成される搬送型スパッタ法と、基体 1 をターゲットの前に固定して薄膜が形成される静止型スパッタ法を例示することができる。

前者の搬送型スパッタ法は、量産性が高いため、低コストな磁気記録媒体の製造に有利であり、後者の静止型スパッタ法は、基体 1 に対するスパッタ粒子の入射角度が安定なために、記録再生特性に優れる磁気記録媒体の製造が可能とされる。本発明に係る磁気記録媒体 10 を製造する際には、搬送型、静止型のいずれかに限定されるものではない。

本発明に係る磁気記録媒体 10 は、上述のスパッタ法により、基体 1 上に順次金属下地層 2、強磁性金属層 3（強磁性膜 3 a、非磁性金属スペーサ層 4、強磁性膜 3 b）、及び保護膜 5 を成膜することで製造することができる。

そして、本発明に係る製造方法により磁気記録媒体 10 を製造する場合、非磁性金属スペーサ層 4 の成膜中又は成膜後に、酸素及び／又は窒素を含む雰囲気中に基体 1 を配置し、少なくとも非磁性金属スペーサ層 4 と強磁性膜 3 a、3 b との界面に酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させる処理を行う。この処理について以下に詳細に説明する。

非磁性金属スペーサ層 4 と、第 2 の強磁性膜 3 b との界面のみに酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させるには、非磁性金属スペーサ層 4 を成膜後、酸素および／または窒素を含む雰囲気に非磁性金属スペーサ層 4 の表面を曝露することで表面に所定量の酸素や窒素を吸着させることができる。この曝露処理では、酸素や窒素の分圧、および曝露時間により非磁性金属スペーサ層 4 表面への吸着量を制御することが可能である。先に記載の材料により非磁性金属スペーサ層 4 を構成する場合には 10 L（ラングミュア：Langmuir）以上とすることが好ましい。ここで、1 L とは、 $1 \times 10^{-6}$  Torr で 1 秒間曝露するか、 $1 \times 10^{-7}$  Torr で 10 秒間曝露することを意味し、25 L とは  $1 \times 10^{-6}$  Torr で 25 秒間曝露するか、 $1 \times 10^{-7}$  Torr で 250 秒間曝露することを意味する。

尚、実際の製造における酸素や窒素の分圧、曝露時間は、非磁性金属スペーサ層 4 を構成する材料の酸素との親和力に応じて適宜最適な圧力や時間に設定すればよい。また、酸素や窒素を希ガスで希釈したガスを用いてもよい。

あるいは、非磁性金属スペーサ層 4 の成膜に用いるガスとして、Ar 又はこれ以外の希ガスに、酸素及び／又は窒素を添加した混合ガスを用いて成膜



することにより、非磁性金属スペーサ層 4 の表面に酸素や窒素からなるガス成分を物理的に吸着させることができる。この方法では、非磁性金属スペーサ層 4 の内部にも酸素や窒素が取り込まれるために、過剰な酸素、窒素添加を行うと非磁性金属スペーサ層 4 を構成する材料によっては結晶性の低下や、酸化物、窒化物の生成が起こる場合がある。従って、酸素や窒素の添加量は、Ar または希ガスとの混合ガスにおける分圧で、 $10^{-7}$  Torr 以上  $10^{-3}$  Torr 以下の範囲とすることが好ましい。

さらに、前記混合ガスに含まれる酸素又は窒素の分圧は、 $3 \times 10^{-6}$  Torr 以上  $3 \times 10^{-5}$  Torr 以下とすることが好ましい。係る範囲とすることで、1500 Oe 以上のシフト磁界を得ることができ、 $KuV/k_B T$  を 100 以上とすることができる。

本発明における「成膜に用いる Ar ガスの不純物」としては、例えば、 $H_2O$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ 、 $C_2H_2$ 、H、C、O、CO 等が挙げられる。特に、膜中に取り込まれる酸素量に影響する不純物は、 $H_2O$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、O、CO と推定される。従って、本発明の不純物濃度は、成膜に用いる Ar ガス中に含まれている  $H_2O$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、O、CO の和で表すこととする。

また、基体 1 へのバイアス印加は、磁気記録媒体の保磁力を増大させる効果を奏する。この効果は、一層のみのバイアス印加よりも、二層又はそれ以上の層の成膜時にも印加した場合の方がより大きくなる傾向がある。

(媒体の表面粗さ、Ra)

本発明における基体の表面粗さとしては、例えば、ディスク形状からなる基体表面を、半径方向に測定した場合の、平均中心線粗さ Ra が挙げられる。表面粗さ Ra の測定器としては、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いることができる。

本発明に係る磁気記録媒体においては、シフト磁界 $H_{sx}$ と媒体の非磁性金属スペーサ層4または媒体の表面粗さ $R_a$ との間には相関関係がある。非磁性金属スペーサ層4の表面粗さ $R_a$ が低いほど、シフト磁界 $H_{sx}$ を大きくすることができる。これは、非磁性金属スペーサ層の界面粗さは、orange peel効果と呼ばれているNeelのモデルにより、強磁性層界面に磁極を発生し、磁性層磁化を平行にそろえようとする、強磁性的な静磁気結合をもたらすことが知られている(L. Neel: Comp. Rend. Acad. Sci., 255, 1545 (1962))。第5図に、Neelモデルを説明するための説明図であり、強磁性金属層3の断面構造を模式的に示す図である。この図に示すように、下地層2上に形成された強磁性金属層3は、下地層2表面の凹凸形状に沿った形状に形成されている。さらに、磁性層厚を有限の厚さに拡張したKoolsらのモデル(J. C. S. Kools, W. Kula, D. Mauri and T. Lin: J. Appl. Phys., 85, 4466 (1999))を適用し、[数1]を用いて強磁性層間に働く強磁性的結合エネルギー $J_f$ を計算したものを第6図に示す。ここで、膜は積層数が29の多層膜構造であり、強磁性層と非磁性金属スペーサ層の膜厚は1nmと仮定した。第6図から明らかなように、強磁性的結合エネルギー $J_f$ の大きさは結晶粒径 $L$ と界面粗さ $h$ に依存している。従って、結晶粒径が同等であれば、界面粗さの減少は、磁性層間の強磁性的結合エネルギー $J_f$ を低減させ、磁性層間の反強磁性的結合エネルギー $J_{sx}$ を増大させ、シフト磁界 $H_{sx}$ の増大に繋がる。

(数1)

$$J_f(\text{erg/cm}^2) = 2 \frac{\pi^2}{\sqrt{2}} \frac{h^2}{L} M^2 \exp\left(-2\pi\sqrt{2} \frac{d_{fw}}{L}\right) \left(1 - \exp\left(-2\pi\sqrt{2} \frac{d_{co}}{L}\right)\right)^2$$

但し、上記（数 1）において、 $d_{Ru}$  及び  $d_{Co}$  はそれぞれ非磁性金属スペーサ層 4 及び強磁性膜 3 a（3 b）の膜厚を示している。

さらに、基体 1 が停止状態から回転を開始した場合、或いはその逆に回転状態から停止状態になった場合は、磁気記録媒体と磁気ヘッドの表面同士が接触および摺動する（CSS 動作）。このとき、磁気ヘッドの媒体表面への吸着や摩擦係数の上昇を抑えるため、表面粗さ  $R_a$  は大きい方が好ましい。一方、基体が最大回転数に達した場合には、磁気記録媒体と磁気ヘッドの間隔、すなわち磁気ヘッドの浮上量をできるだけ小さい値に確保する必要があるので、 $R_a$  は小さい方が好ましい。従って、基体 1 の表面粗さ  $R_a$  の最大値と最小値は、上述した理由と、磁気記録媒体による要求スペックから適宜決定される。

例えば、磁気ヘッドの浮上量が、 $24 \mu\text{inch}$ （約  $0.6 \mu\text{m}$ ）の場合は、 $R_a = 6 \text{ nm} \sim 8 \text{ nm}$  である。しかし、さらに高記録密度化を図るためには、磁気ヘッドの浮上量（記録再生動作をする際、磁気ヘッドが磁気記録媒体から離れている距離）をより小さくする必要がある。この要望に応えるためには、磁気記録媒体の表面をより平坦化することが大切となる。このような理由から基体の表面粗さ  $R_a$  は、より小さなものが望ましい。従って、基体の表面粗さがより小さな場合であっても、目標とする各種の膜特性を得られる作成方法を適宜採用すればよい。一例として Al 基板上に Ni-P 層を設けた構造の場合にテクスチャを設けた上で  $R_a$  を  $1.5 \text{ nm}$  以下にまで低減することがなされており、特別な研磨処理を施した NiP/Al 基板での  $R_a$  を  $0.5 \text{ nm} \sim 0.7 \text{ nm}$  とすることもできる。

（テクスチャ処理）

本発明における基体に施すテクスチャ処理としては、例えば、機械的な研磨による方法、科学的なエッチングによる方法、物理的な凹凸膜の付与によ

る方法などが挙げられる。特に、磁気記録媒体の基体として最も広く用いられているアルミニウム合金基体の場合には、機械的な研磨による方法が採用されている。

例えば、アルミニウム合金基体の表面に設けた (Ni-P) 膜に対して、研削用の砥粒が表面に接着してあるテープを、回転する基体表面に押しつけることにより、同心円状に軽微なキズを付与する方法がある。この方法では、研削用の砥粒を、テープから遊離させて用いる場合もある。

しかし、上記「基体の表面粗さ」の項で述べた理由から、上記テクスチャ処理を行わないか、若しくはより軽微なテクスチャ形状でも、目標とする各種の膜特性を得られる作成方法を適宜採用すればよい。

#### (実施例)

以下に試験例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらの試験例に限定されるものではない。

#### (試験例 1)

本試験例では、第 1 図に示す非磁性金属スペーサ層 4 を備える磁気記録媒体成膜時の酸素 ( $O_2$ ) ガス分圧を  $10^{-7}$  Torr  $\sim 10^{-4.5}$  Torr の範囲で変化させて作製した。成膜法として直流マグネトロン法を用い、成膜室の到達真空度を  $10^{-9}$  Torr 台、プロセスガス中の不純物濃度を 1 p p b 以下とした超清浄プロセスを用いて成膜を行った。その際、基体温度は放射加熱ヒータを用いて  $250^\circ\text{C}$  とし、基体加熱後、Ar ガス圧  $2 \sim 5$  m Torr とし、上記金属下地層、強磁性金属層、非磁性スペーサ層と保護層を成膜した。非磁性スペーサ層の成膜には、Ar ガスとともに酸素 ( $O_2$ ) ガスも微量に混ぜて行った。また、金属下地層および強磁性金属層の成膜時に基体へのバイアス印加およびドライエッチングは行わなかった。

本試験例では、基体として、表面を超平滑研磨 ( $R_a < 0.3 \text{ nm}$ ) され、テクスチャ処理されていないディスク状のNiPメッキAl基板を用い、下地膜形成用のターゲットとしてCrMo<sub>20</sub>ターゲットを用い、第1と第2強磁性膜形成用のターゲットとしてCo-16at%Cr-8at%Pt-4at%Bターゲットを用いた。非磁性スペーサ層形成用のターゲットとしてRuターゲットを用いた。また、各層の膜厚は、下地膜5nm、第1強磁性膜2.5nm、第2強磁性膜9nm、非磁性金属スペーサ層0.8nm、保護膜6nmとした。

次に、上記にて得られた磁気記録媒体について、揺らぎ場 $H_f$  (Oe) 及び耐熱擾乱性の指標である $K_u V / k_B T$ の測定を行った。その結果を第7図及び第8図に示す。

第7図及び第8図に示すように、本発明に係る製造方法により製造された磁気記録媒体は、いずれも80以上の $K_u V / k_B T$ を有しており、熱的安定性に優れた磁気記録媒体であることが確認された。また非磁性金属スペーサ層4の成膜時の酸素分圧を高くするほど揺らぎ場 $H_f$ は低減され、 $K_u V / k_B T$ は増加しており、より詳細には、非磁性金属スペーサ層4の成膜時の酸素分圧を $10^{-7} \text{ Torr}$ とした試料 ( $H_{c2} \approx 11000 \text{ Oe}$ ) に比して、酸素分圧を $10^{-6} \text{ Torr}$ とした試料 ( $H_{c2} \approx 20000 \text{ Oe}$ ) では、揺らぎ場が約30%低減され、 $K_u V / k_B T$ は約22%増加している。

また第7図に示すように、酸素分圧を $3 \times 10^{-6} \text{ Torr} \sim 3 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ の範囲とした場合に、100以上の $K_u V / k_B T$ が得られており、特に熱的安定性に優れた磁気記録媒体が得られることが確認された。そして、上記100以上の $K_u V / k_B T$ が得られる範囲では、強磁性膜の $H_{c2}$ は15000e以上の高い値を示した。

## 21

このように本発明に係る製造方法によれば、非磁性金属スペーサ層 4 の成膜時の酸素分圧を適切な範囲に設定することにより、さらに優れた熱的安定性を有する磁気記録媒体を製造できる。

尚、本試験例では金属下地層、強磁性金属層の成膜法として直流マグネトロンスパッタ法を用いたが、RF スパッタ法、レーザ蒸着法、イオンビーム成膜などの他の成膜法を実施しても良いのはもちろんである。

(磁気記録装置)

次に、本発明に係る磁気記録装置を図面を参照して以下に説明する。第 9 図は、本発明に係る磁気記録装置であるハードディスク装置の一例を示す側断面図であり、第 10 図は、第 9 図に示す磁気記録層の平断面図である。第 8 図および第 9 図において、50 は磁気ヘッド、70 はハードディスク装置、71 は筐体、72 は磁気記録媒体、73 はスペーサ、79 はスイングアーム、78 はサスペンションである。本実施形態に係るハードディスク装置 70 は、先に記載の本発明の磁気記録媒体を搭載している。

ハードディスク装置 70 は、円盤状の磁気記録媒体 72 や、磁気ヘッド 50 などを収納する内部空間を備えた直方体形状の筐体 71 が外径を成しており、この筐体 71 の内部には複数枚の磁気記録媒体 72 がスペーサ 73 と交互にスピンドル 74 に挿通されて設けられている。また、筐体 71 にはスピンドル 74 の軸受け (図示せず) が設けられ、筐体 71 の外部にはスピンドル 74 を回転させるためのモータ 75 が配設されている。この構成により、全ての磁気記録媒体 72 は、スペーサ 73 によって磁気ヘッド 50 が入るための間隔を空けて複数枚重ねた状態で、スピンドル 74 の周回りに回転自在とされている。

筐体 71 の内部であって磁気記録媒体 72 の側方位置には、軸受け 76 によってスピンドル 74 と平行に支持されたロータリ・アクチュエータと呼ば

れる回転軸 77 が配置されている。この回転軸 77 には複数個のスイングアーム 79 が各磁気記録媒体 72 の間の空間に延出するように取り付けられている。各スイングアーム 79 の先端には、その上下位置にある各磁気記録媒体 72 の表面と傾斜して向かう方向に固定された、細長い三角板状のサスペンション 78 を介して磁気ヘッド 50 が取り付けられている。この磁気ヘッド 50 は、図示されていないが、磁気記録媒体 72 に対して情報を書き込むための記録素子と、磁気記録媒体 72 から情報を読み出すための再生素子を備えるものである。

上記構成によれば、磁気記録媒体 72 を回転させ、磁気ヘッド 50 をスイングアーム 79 の移動により磁気記録媒体 72 の半径方向に移動させることができるので、磁気ヘッド 50 は磁気記録媒体 72 上の任意の位置に移動可能となっている。

上述した構成のハードディスク装置 70 では、磁気記録媒体 72 を回転させるとともに、スイングアーム 79 を移動させて磁気ヘッド 50 を磁気記録媒体 72 を構成している強磁性金属層に磁気ヘッド 50 が発生した磁界を作用させることにより磁気記録媒体 72 に所望の磁気情報を書き込むことができる。また、スイングアーム 79 を移動させて磁気ヘッド 50 を磁気記録媒体 72 上の任意の位置に移動させ、磁気記録媒体 72 を構成している強磁性金属層からの漏れ磁界を磁気ヘッドの再生素子で検出することにより磁気情報を読み出すことができる。

このように磁気情報の読み出しと書き込みを行う場合において、磁気記録媒体 72 の強磁性金属層が、先に説明した如く優れた規格化保磁力と熱安定性を有しているならば、ハードディスク装置 70 の内部がモータ 75 の熱を受けて、例えば、100℃を越える高い温度に加熱されつつ使用された場合であっても、磁気記録媒体 72 の強磁性金属層が劣化することがない。また、

長期間使用し、長時間加熱されることがあっても、磁気記録媒体 72 の記録再生特性に劣化を生じないハードディスク装置 70 を提供することができる。

尚、第 9 図、第 10 図を基に先に説明したハードディスク装置 70 は、磁気記録装置の一例を示すものであるので、磁気記録装置に搭載する磁気記録媒体の枚数は、1 枚以上の任意の枚数で良く、搭載する磁気ヘッドの数も 1 個以上であれば任意の数設けてもよい。また、スイングアーム 79 の形状や駆動方式も図面に示すものに限らず、リニア駆動方式、その他の方式でも良いのはもちろんである。

#### 産業上の利用可能性

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、磁気記録媒体の  $H_{\text{ex}}$  を向上することにより、高い記録再生特性  $S/N$  比と優れた熱安定性を有する磁気記録媒体を得ることができる。

また、前記優れた磁気特性を有する磁気記録媒体を備えた磁気記録装置であるならば、加熱状態で長時間使用しても磁気特性に劣化を生じることのない磁気記録装置を提供することができる。また、先の優れた磁気特性を有する磁気記録媒体を備えた磁気記録装置であるならば、 $S/N$  比が高く、記録再生特性に優れた磁気記録装置を提供することができる。



## 請求の範囲

1. 非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層してなる磁気記録媒体の製造方法であって、

前記強磁性金属層を成膜する工程が、複数の強磁性膜と、一以上の非磁性金属スペーサ層とを交互に積層する工程とされ、

前記非磁性金属スペーサ層の少なくとも界面に、酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させる工程を含むことを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

2. 前記酸素及び／又は窒素が、非磁性金属スペーサの膜中に含まれるように前記非磁性金属スペーサ層を成膜することを特徴とする第1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

3. 前記非磁性金属スペーサ層の成膜に用いるガスが、Ar又はそれ以外の希ガスに、酸素または窒素を混合してなる混合ガスであることを特徴とする第1項又は第2項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

4. 前記混合ガスに含まれる酸素又は窒素の分圧を、 $10^{-1}$ Torr以上 $10^{-3}$ Torr以下とすることを特徴とする第3項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

5. 前記混合ガスに含まれる酸素又は窒素の分圧を、 $3 \times 10^{-6}$ Torr以上 $3 \times 10^{-5}$ Torr以下とすることを特徴とする第4項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

6. 前記非磁性金属スペーサ層の少なくとも界面に、酸素及び／又は窒素を物理的に吸着させる工程が、酸素及び／又は窒素を含む雰囲気、前記非磁性金属スペーサ層の表面を曝露する工程であることを特徴とする第1項ないし第5項のいずれか1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

7. 前記非磁性金属スペーサ層表面の酸素暴露量を、10ラングミュア以上とすることを特徴とする第6項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

8. 前記非磁性金属スペーサ層として、Ru、Ir、Cu、Osから選ばれる1種以上の元素を含む金属膜を成膜することを特徴とする第1項ないし第7項のいずれか1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

9. 前記非磁性金属スペーサ層の膜厚を、0.5nm以上1.0nm以下とすることを特徴とする第1項ないし第8項のいずれか1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

10. 非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層して含む磁気記録媒体であって、

前記強磁性金属層が、複数の強磁性膜と、該強磁性膜の間に形成された非磁性金属スペーサ層とを含み、

前記強磁性金属層のシフト磁界 $H_{sx}$ が、10000e以上とされたことを特徴とする磁気記録媒体。

11. 前記強磁性金属層のシフト磁界 $H_{sx}$ が、15000e以上とされたことを特徴とする第10項に記載の磁気記録媒体。

12. 非磁性基体と、金属下地層と、強磁性金属層とを順に積層して含む磁気記録媒体であって、

前記強磁性金属層が、複数の強磁性膜と、該強磁性膜の間に形成された非磁性金属スペーサ層とを含み、

前記非磁性金属スペーサ層が、Ru、Ir、Cu、Osから選ばれる1種以上の元素を含む金属膜からなり、

少なくとも前記非磁性スペーサ層と前記強磁性膜との界面に、酸素及び／又は窒素が物理的に吸着されていることを特徴とする磁気記録媒体。

13. 前記非磁性金属スペーサ層の膜厚が、0.5nm以上1.0nm以下とされたことを特徴とする第10項ないし第12項のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

14. 第10項ないし第13項のいずれか1項に記載の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体を駆動するための駆動部と、磁気情報の記録再生を行うための磁気ヘッドとを備え、移動する前記磁気記録媒体に対して前記磁気ヘッドにより磁気情報の記録再生を行うことを特徴とする磁気記録装置。

図 1

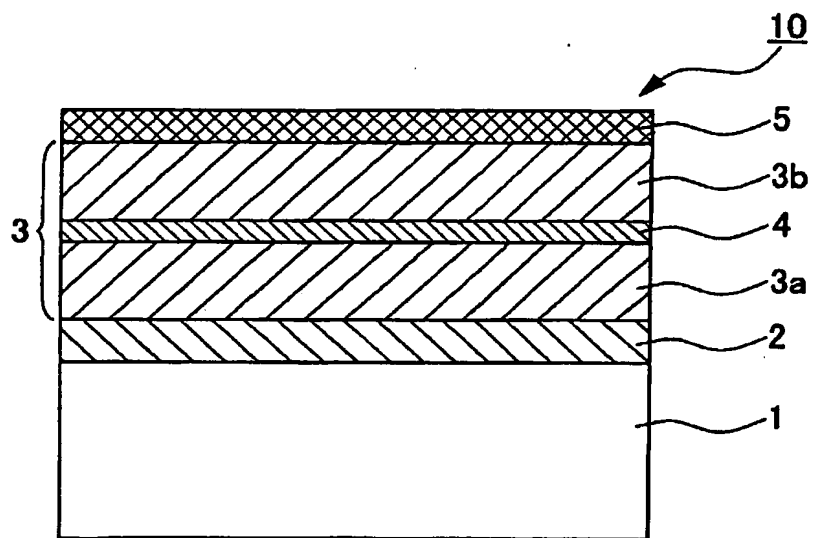
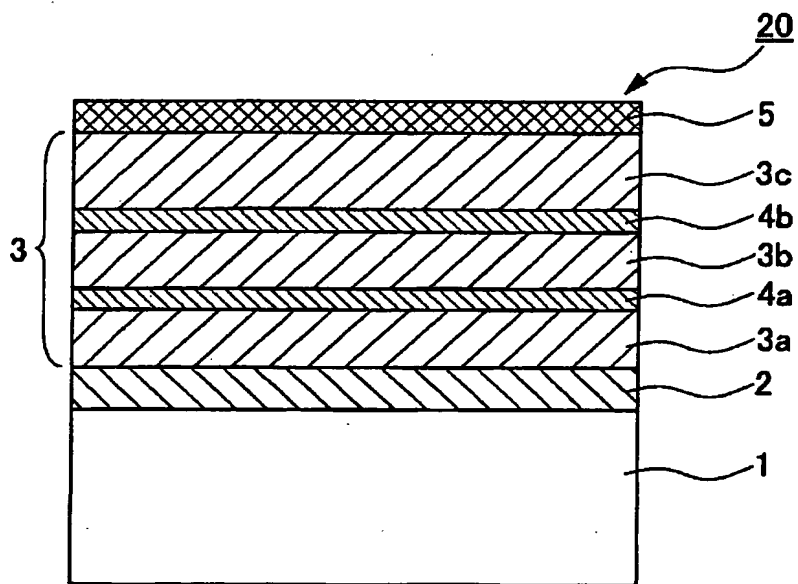


図 2



2/6

図 3

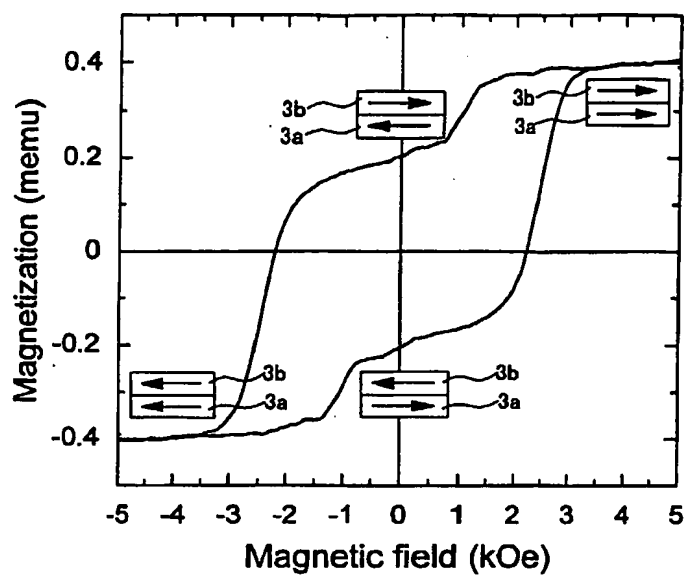
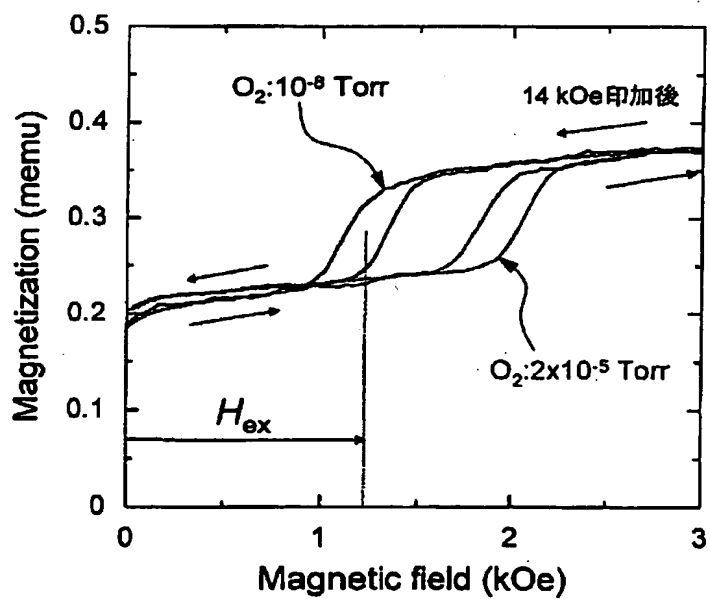


図 4



3/6

図 5

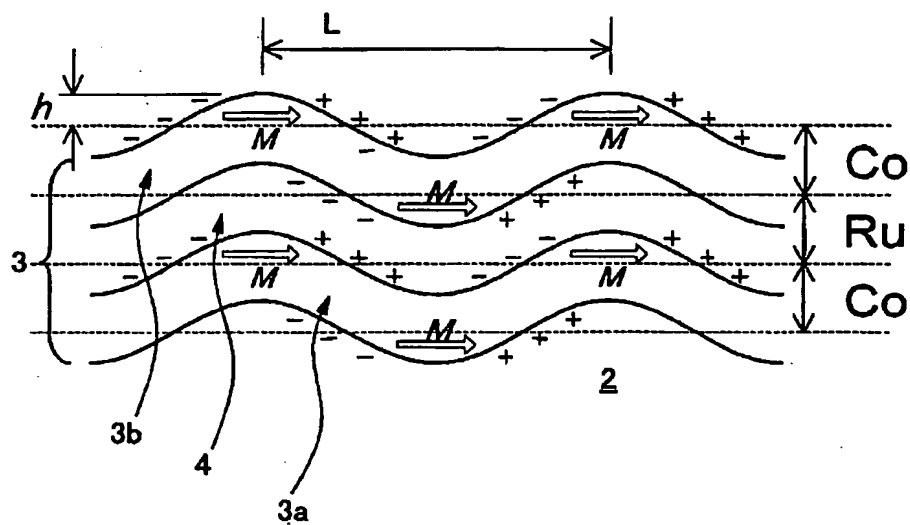
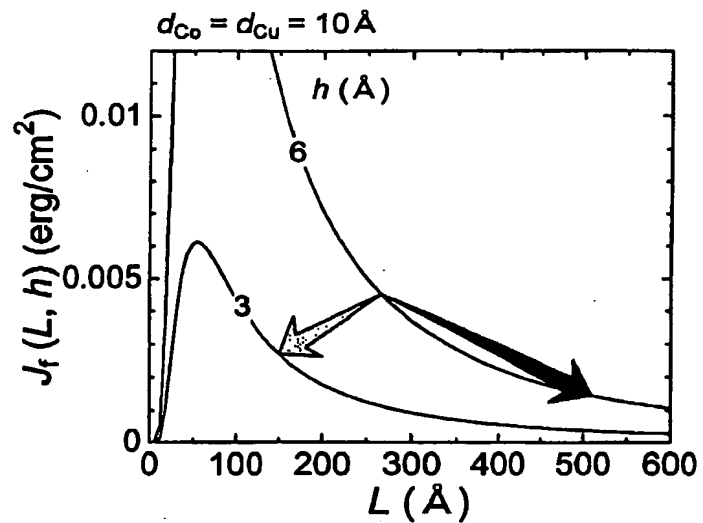


図 6



4/6

図 7

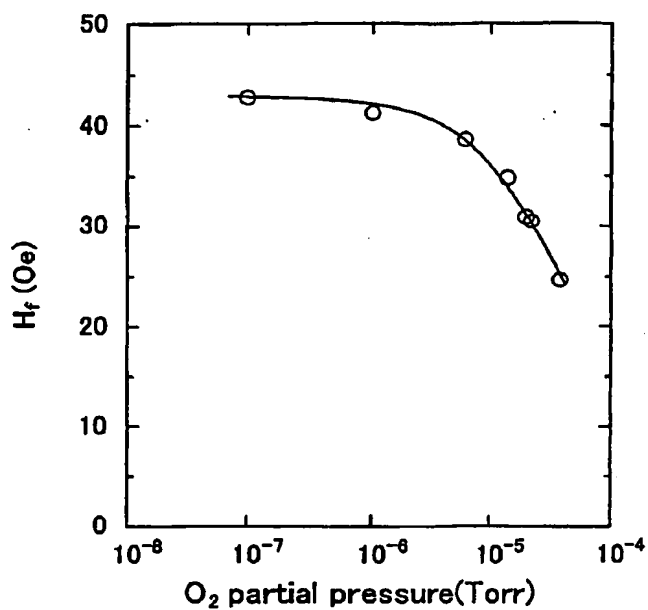


図 8

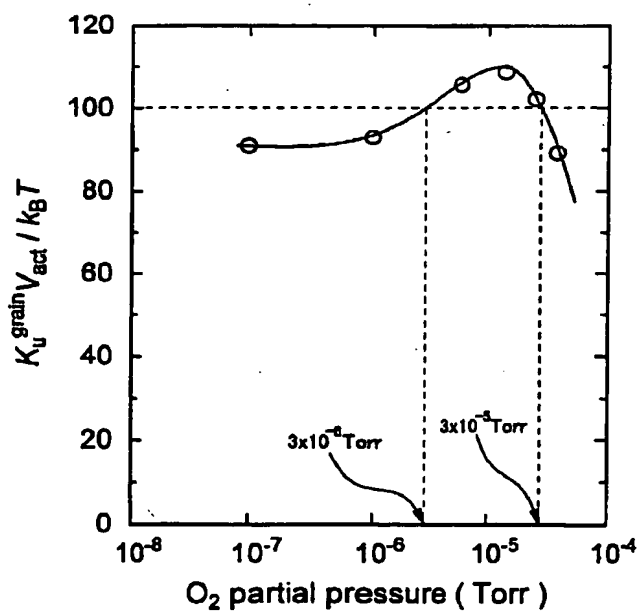


図 9

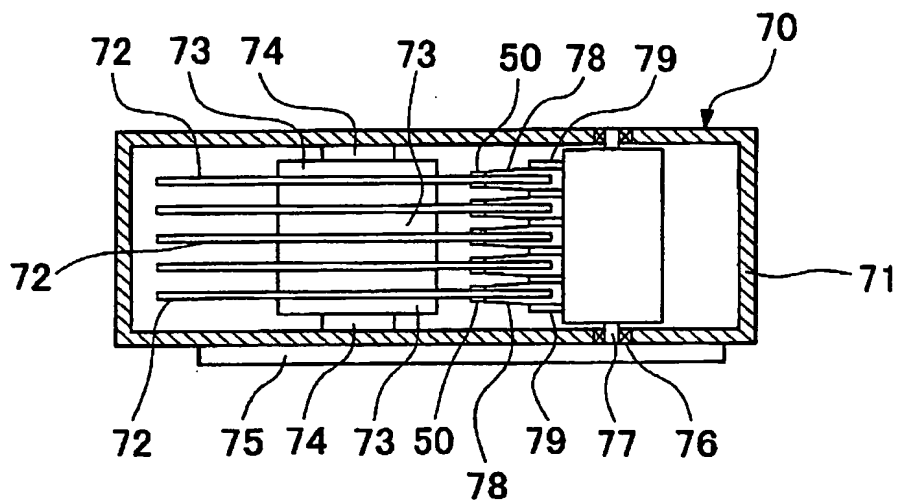
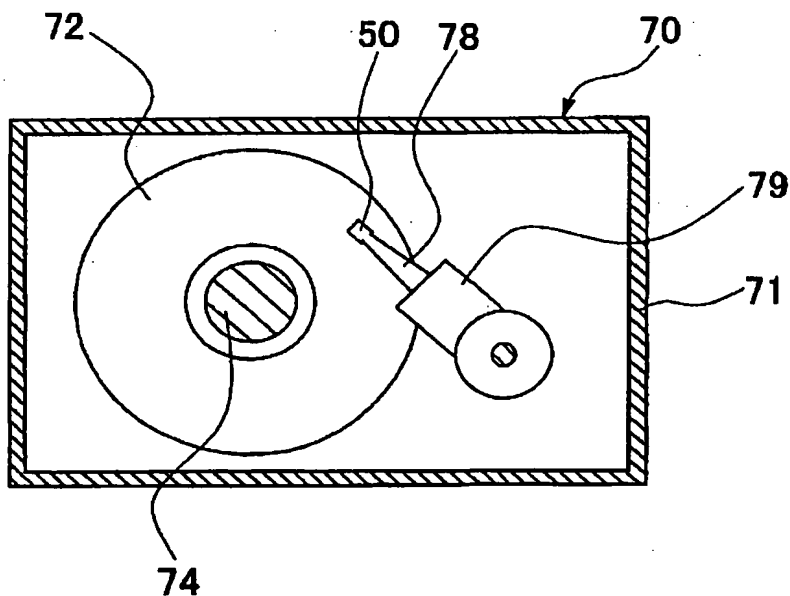


図 10





6/6

図 1 1

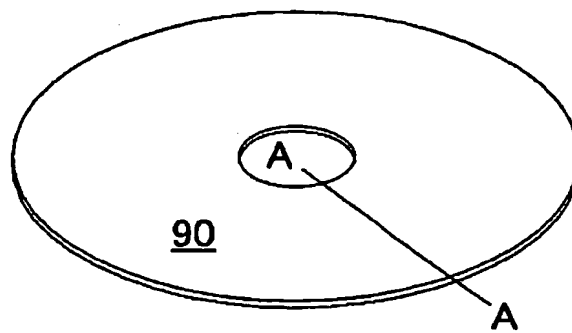
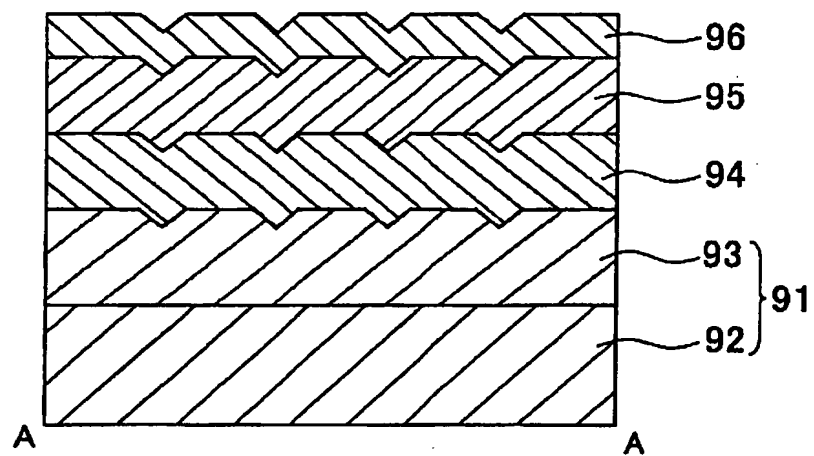


図 1 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/03440

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature of claim 1 is to allow a nonmagnetic metal spacer layer to physically adsorb oxygen and/or nitrogen. The technical feature of claim 10 is to specify the shift magnetic field Hex of a ferromagnetic metal layer. The invention of claim 1 and the inventions of claims 10, 11, 13, 14 lack the unity of invention. Claim 2, claims 3-5, claims 6, 7, claim 8, and claim 9 refer to claim 1. The invention of claim 1 is not novel and does not involve any inventive step, and therefore the technical feature of claim 1 is not a special technical feature. Therefore, the invention of claim 1, the invention of claim 2, the invention of claim 3, the invention of claim 6, (continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03440

## CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/851, 5/66, 5/738

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G11B5/62-5/858

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-25032 A (Sony Corp.), 25 January, 2002 (25.01.02), Full text; all drawings (Family: none)	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 July, 2003 (02.07.03)

Date of mailing of the international search report  
15 July, 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/03440

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

the invention of claim 8, and the invention of claim 9 lack the unity of invention. The invention of claim 12 relates to a product produced by the production method defined in claim 8.

Therefore, the number of inventions of the present application is seven: the invention of claim 1, the invention of claim 2, the invention of claims 3-5, the invention of claims 6, 7, the invention of claims 8, 12, the invention of claim 9, and invention of claims 10, 11, 13, 14.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B 5/851, 5/66, 5/738

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B 5/62-5/858

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-25032 A (ソニー株式会社) 2002.01.25 全文、全図 (ファミリーなし)	1

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.07.03

国際調査報告の発送日

15.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日下 善之

5D 3045

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1に記載された発明は非磁性金属スペーサ層に酸素及び/又は窒素を物理的に吸着させることに技術的特徴があり、請求の範囲10に記載された発明は強磁性金属層のシフト磁界 $H_{ex}$ が規定されていることに技術的特徴があり、当該請求の範囲1と請求の範囲10, 11, 13及び14に単一性は認められない。また、請求の範囲2, 請求の範囲3-5, 請求の範囲6及び7, 請求の範囲8, 請求の範囲9はそれぞれ請求の範囲1を引用しているが、当該請求の範囲1に記載された発明には新規性、進歩性が無く、特別な技術的特徴とは認められないので、請求の範囲1, 請求の範囲2, 請求の範囲3, 請求の範囲6, 請求の範囲8, 請求の範囲9に単一性はない。ここで、請求の範囲12に記載された発明は請求の範囲8に記載の製造方法により製造されたものと認める。

よって、本願発明は請求の範囲1, 請求の範囲2, 請求の範囲3-5, 請求の範囲6及び7, 請求の範囲8及び12, 請求の範囲9, 請求の範囲10, 11, 13及び14の7である。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。